

## 九州工業大学学術機関リポジトリ



Title	ステレオ視方式三次元距離センサーLSIの高性能化に関する研究
Author(s)	川野, 正智
Issue Date	2015-03-25
URL	<a href="http://hdl.handle.net/10228/5374">http://hdl.handle.net/10228/5374</a>
Rights	

氏 名	川野 正智
学 位 の 種 類	博 士 (情報工学)
学 位 記 番 号	情工博甲第302号
学位授与の日付	平成27年3月25日
学位授与の条件	学位規則第4条第1項該当
学位論文題目	ステレオ視方式三次元距離センサーLSIの高性能化に関する研究
論文審査委員	主 査 教 授 有馬 裕
	〃 中村 和之
	〃 伊藤 高廣
	准教授 馬場 昭好
	〃 小西 直樹

## 学 位 論 文 内 容 の 要 旨

三次元距離センサーは、視野内にある物の三次元位置情報、即ち横方向、高さ方向、奥行方向の位置情報をリアルタイム（30fps以上）で検知でき、周囲の三次元的位置関係を把握する目的で利用される。例えば、危険な状況を察知し事故を未然に防止する車載システムの実現や介護・監視装置の無人自動化、非接触入力インターフェース等に利用され、日々の生活の安全性や利便性を大きく向上させることが期待されている。しかし、現在実用化されている三次元距離センサーは高価であることからほとんど普及しておらず、またその使用環境も限定的となっている。今後の三次元距離センサーには様々な環境下でも利用できる汎用性の向上と低コスト化や小型化が強く求められる。

ステレオ視方式の三次元距離センサーは、視点の異なる2台のカメラで撮影した画像間で生じる見え方の違い（視差）から物体までの距離を計測する。そのため、特別な信号を照射する必要がなく、従来のカメラ同様の高い汎用性が期待されている。しかしその反面、2枚の画像間で同一物体検索処理の演算量が極めて大きい問題や、距離検知精度がイメージセンサーの画素数に依存するという問題がある。演算量はイメージセンサーの画素数の2乗で増加するため、距離検知性能を維持したまま低コスト化・小型化を実現することが非常に困難となっている。

そこで本研究では、高い検知性能と低コスト化、小型化を両立するステレオ視方式三次元距離センサーのシングルチップLSI化と、その高性能化に取り組んだ。

本論文の具体的構成は以下の通りである。第1章で背景と研究の目的を示し、第2章で様々な三次元センサー距離検知技術についてそれぞれの特徴と問題点を論じている。

第3章では、ステレオ視方式の三次元距離センサーをシングルチップLSIに集積する為に採用した特殊な回路構成と距離検知アルゴリズムについて論じている。画素の輝度とその空間変化量をパルス信号で表現することで対応点検索回路を極めてコンパクトにすることが可能となり、その大規模並列処理と同一距離間でのローパスフィルタリングを行うことで高速距離検知とシングルチップ化の両立を実現した。実際にそのセンサーLSIを試作して、センサー1ラインあたり数百n～数μ秒で対応点検索

ができる高速性を実証した。

第4章では、対応点検知性能を向上させる為の特徴量パルス変調手法について論じている。この手法を採用したセンサーLSIを実際に試作して検知信号S/Nを評価した結果、従来の10倍以上改善されたことを確認した。この検知信号の鮮明化により、輝度空間変化量が微小な場合においても複数物体の同時検知が可能となった。また、検知信号S/Nが改善されると簡単なしきい値処理で物体の検知信号のみを抽出でき、検知した座標をデジタルデータとして出力する高速出力機能が実現できる。この機能を搭載したセンサーLSIを試作し従来の30倍以上の高速出力化と100fps超のフレームレートを確認できた。

第5章では、輝度変化が激しい屋外や逆光条件下での距離検知を可能とする為に、受光感度の広ダイナミックレンジ化手法について論じている。急峻な立ち上がりと緩慢な立ち下がりを持つマーク信号を受光強度に応じたタイミングで画素内にラッチすることで、一度の露光で二重露光と同等のダイナミックレンジ拡大効果が期待できる。試作したセンサーLSIの評価でダイナミックレンジは106dBに拡大できたことを確認した。

第6章では、イメージセンサーの画素数を変えずに距離検知精度を向上させる手法について論じている。イメージセンサーのライン毎に画素配置を少しずつスライドさせ、視差の異なる複数ラインの検知結果を用いて物体までの距離を推定することで距離検知精度を向上させる。試作したセンサーLSIでは、4ラインの検知結果を用いて距離推定を行った。その評価結果から従来の三次元距離センサーLSIと同じチップサイズのままで、従来より4倍の距離検知精度が実現できることを確認した。

第7章では本研究を統括した上で今後の展開について論じている。これら一連の研究によって、従来より大幅な低コスト化・コンパクトサイズ化と高速検知、高い検知精度を両立するステレオ視方式三次元距離センサーLSIを実現できることを示した。

## 学位論文審査の結果の要旨

本研究では、ステレオ視方式三次元距離センサーにおいて、回路構成や検知アルゴリズムを工夫することで高速距離検知とシングルチップLSI化の両立が可能であることを実証した。また、検知信号S/Nの向上や高速出力、受光感度の広ダイナミックレンジ化、距離検知精度の向上など実用化する上で課題についても検討し、それぞれに対する解決策を考案して検証用センサーLSIを実際に試作・評価することでそれぞれの性能向上を実証した。つまり、本研究で提案された高性能化手法により、従来より大幅な低コスト化・コンパクトサイズ化と高精度・高速検知を両立するステレオ視方式三次元距離センサーLSIが実現できることを示しており、加えて、三次元センサー実用化に向けた様々な課題を解決している。この技術により高性能三次元センサーが廉価に製品化されれば、三次元センサーの活用・普及が加速され、安全で快適な生活に大いに貢献できる。

本論文について試験を行った結果、満足な回答が得られたので、試験に合格したものと認める。

以上により、論文調査及び最終試験の結果に基づき、審査委員会において慎重に審査した結果、本論文が、博士（情報工学）の学位に十分値するものであると判断した。